

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 2000241782 A

(43) Date of publication of application: 08.09.00

(51) Int. Cl.

G02F 1/11  
H04B 10/02

(21) Application number: 11042082

(22) Date of filing: 19.02.99

(71) Applicant: FUJITSU LTD

(72) Inventor:  
KAI TAKETAKA  
ONAKA HIROSHI  
SAITO YOSHIHIRO  
KUBODERA KAZUMASA

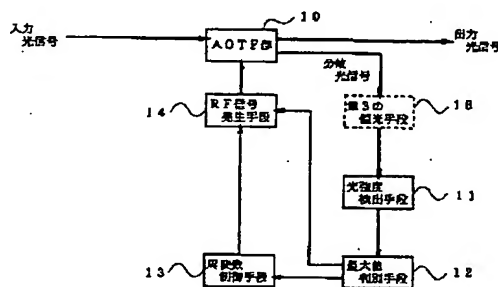
(54) VARIABLE WAVELENGTH SELECTIVE FILTER  
AND BRANCHING/ INSERTING DEVICE

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To select an optical signal of a desired wavelength even in the case of a temp. change and a secular change, etc.

SOLUTION: Relating to this device, the light intensity of the optical signal branched is detected by an acoustooptical tunable filter(AOTF) part 10 to be outputted while changing a frequency of an RF signal generated by an RF signal generation means 14 by a maximum value discrimination means 12. The maximum value discrimination means 12 discriminates a maximum value for the optical signal of the prescribed wavelength from the detection value. A frequency control means 13 applies the frequency of the RF signal imparting the maximum value to the AOTF part 10. Thus, the optical signal of the desired wavelength is branched/inserted precisely.

COPYRIGHT: (C)2000,JPO





特開2000-241782  
(P2000-241782A)  
(43)公開日 平成12年9月8日(2000.9.8)

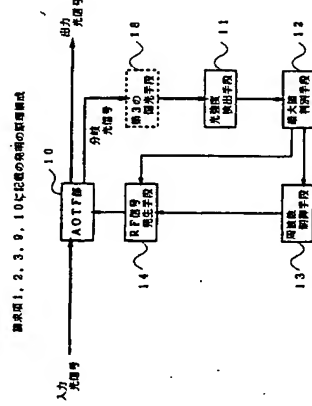
(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	識別記号	番号請求 未請求 請求項の数 20	OL	(35頁)	7-コード (参考)
G 0 2 F	I / 11	5 0 2			2H079
H 0 4 B	10/02.				U 5K002
(21) 出願番号	特願平11-42082	(71) 出願人	000005223		
(22) 出願日	平成11年2月19日 (1999. 2. 19)		富士通株式会社		
		(72) 発明者	甲斐 雄高		
			神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号		
		(72) 発明者	尾中 寛		
			神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内		
		(74) 代理人	100072718		
			弁理士 古谷 史旺 (外1名)		
					最終頁に続く

(54)【発明の名称】可変波長選択フィルタおよび分岐・挿入装置

(57) 【要約】

【課題】 本発明は、温度変化や経年変化などのよって所望の波長の光信号を選択することができ、可変波長選択フィルタおよびこの可変波長選択フィルタを使用した分岐・挿入装置を提供することとを目的とする。

【解決手段】 本発明における可変波長選択フィルダおよびこの可変波長選択フィルダを使用した分岐・挿入装置は、R F信号発生手段14によって発生するR F信号の周波数を最大値判別手段12によって変えながら、A O T F部10によって分岐して出力される光信号の光強度を光検出手段11によって検出して、最大値判別手段11・12は、この検出値から所定波長の光信号に対する最大値を判別する。周波数制御手段13は、この最大値を与えられてR F信号の周波数をA O T F部10に印加する。これによって、正値に所望の波長の光信号を分岐・挿入することができる。



最終頁に挿く

多機能印刷 FinePrint 2000 試用版 <http://www.nsd.co.jp/share/>

(2) 特開 2000-241782

2

【特許請求の範囲】

【請求項1】 光入力光をTモード光とEモード光ととに分岐する第1の偏光手段と、分岐したTモード光を導波する第1の光導波路とEモード光を導波する第2の光導波路とにR信号を印加するRF信号印加手段と、前記RF信号を印加された第1の光導波路と第2の光導波路とからの光信号を合成し光の偏光状態に対応して第1と第2の出力とする第2の偏光手段とを備え、印加するRF信号の周波数に応じて特定波長の光信号の偏光を回転させることにより任意の波長の光を選択し第1の出力とし、他の波長の光は第2の出力とする可変波長選択フィルタにおいて、

前記R F信号を発生するR F信号発生手段と、  
前記可変長選択フィルタからの出力の光強度を検出す  
る光強度検出手段と、  
前記R F信号発生手段により発生する前記R F信号の周  
波数を算えながら前記光強度検出手段から前記光強度を  
受信して所定波長の光信号に対する前記光強度の最大値  
を判別する最大値判別手段と、  
前記最大値判別手段によって判別された光強度の最大値  
を与える周波数のR F信号を発生するように前記R F信  
号を発生手段を制御する周波数制御手段とを備えることとを  
特徴とする可変長選択フィルタ。

【請求項2】 請求項1に記載の変長選択フィルタは波長分割多重方式の光信号を伝送する光伝送路に接続され、

前記最大値判定手段は、前記R F信号発生手段により発生する前記R F信号の周波数を第1の周波数範囲内で変えてながら前記光強度発生手段から前記光強度を受信して所定波長の光信号に対する前記光強度の第1の最大値を判定し、さらに、該第1の最大値を与える前記R F信号の周波数を前記第1の周波数範囲において前記R F信号の周波数を前記第2の周波数範囲より狭い第2の周波数範囲内で変えながら前記光強度発生手段から前記光強度を受信して前記所定波長の光信号に対する前記光強度の第2の最大値を判定する最大値判定手段であることを特徴とする可変波長選択フィルタ。

【請求項3】 請求項1に記載の変波長選択フィルタにおいて、前記特定波長の光信号を変更する度に、前記周波数制御手段は、前記特定波長の光信号における強度が最大値となるように前記R F信号の周波数を制御することを特徴とする変波長選択フィルタ

【請求項4】 光入力系をTモード光とTモード光ととに分岐する第1の光導波路と、分岐したTモード光を導波する第1の光導波路とTモード光を導波する第2の光導波路とにR F信号を印加するR F信号印加手段と、前記R F信号を印加した第1の光導波路と第2の光導波路とからの光信号を合波した光の状態に対応して第1と第2の出力から第2の偏光手段とを備え

加する R/F 信号の周波数に応じて特定波長の光信号の出力を回転させることで任意の波長の光を選択し第 1 の出力とし、他の波長の光は第 2 の出力とする可変波長選択フィルタにおいて、

前記R F信号を発生するR F信号発生手段と、  
前記可変波長選択フィルタの該光入力側に接続され、該  
光入力内の光信号の波長を除いた波長であって該波長数  
が既知である基準信号を前記光入力に挿入する基準信号  
挿入手段と、

前記可変波長選択フィルタから出力される前記基準信号を、  
 検出する基準信号検出手段と、  
 前記R F信号発生手段によって発生する前記R F信号の  
 周波数を変えながら前記基準信号検出手段が前記基準信  
 号を検出した場合における前記R F信号の周波数と前記  
 基準信号の波長数とに基づいて前記可変波長選択フィル  
 タに入射される光信号の波長数とR F信号の周波数との  
 関係とを算する周波数演算手段とを備え、  
 所定波長の光信号を選択するために前記周波数演算手段  
 によって演算されたR F信号の周波数を印加することとを  
 特徴とする可変波長選択フィルタ。

【請求項5】 請求項4に記載の可変波長選択フィルタにおいて、前記基準信号の波長数は、前記光信号を送送する波長帯域の端の波長数であることを特徴とする可変波長選択フィルタ。

【請求項6】 入力力をTモード光とDモード光とに分岐する第1の偏光手段と、分岐したTモード光を導波する第1の光導波路とDモード光を導波する第2の光導波路とに、前記RFRF信号を印加するRFR信号印加手段と、前記RFR信号を印加された第1の光導波路と第2の光導波路とからの光信号を合波し光の偏光状態に対応して第1と第2の出力とする第2の偏光手段とを備え、印加するRFR信号の周波数に応じて特定波長の光信号の偏光を回転させることで任意の波長の光を選択し第1の出力とし、他の波長の光は第2の出力とする可変波長選択フィルタにおいて、

前記可変波長選択フィルタの該光入力側に接続され、該光入力内の光信号を含む波長帯域を増幅する光増幅器と。

前記RFF信号を発生するRFF信号発生手段と、前記可変波長選択フィルタの出力側に接続され、前記可変波長選択フィルタから出力される光信号の波長と媒質における光強度とを監視するスペクトルモニタと、前記光増倍器で発生したASE内の特定波長の陽光を回収させる既知の周波数の前記RFF信号を発生させ、前記スペクトルモニタからのASEの波長を検出する波長判別手段と、

前記波長判別手段によって判別されたASEの波長と前記既知の周波数とに基づいて前記可変波長選択フィルタによって挿入および分岐される光信号の波長数とRFF値



ext) (以下、「OADM」と略記する。)装置が研究開発されている。このOADM装置は、固定波長の光信号のみを分岐・挿入することができ、さらに、このRFF信号の周波数を変化させることによって選択される波長の光を変えることができるから、可変波長選択フィルタとして作用する。

【0006】なお、本明細書において、図20に示す二オプティカル素子の基板上に形成された光を分岐・挿入(通過)する本体部分をAOTFまたはAOTF部と称し、この本体部分に光を分岐・挿入(通過)させるための周辺装置を付加し、これら全体を指すときは、可変波長選択フィルタと称することとする。また、AOTFは、任意波長の光を分岐・挿入することができるから、OADM装置に使用することができる。本特許出願人は、このAOTFをOADM装置に使用した発明について特願平10-090383号として既に公開している。

【0007】次に、この未公開である特願平10-090383号に記載されているOADM装置について説明する。図21は、図20に示すようなAOTFを用いたOADM装置の第1の基本構成を示す図である。図21に示すOADM装置は、8つの波長の光信号を分岐して受信処理することができる。8つの波長の光信号を生成して挿入することができる場合を示している。ここで、光信号を受信処理する各構成は、各々同一であるので1つの構成を示し、残りの構成は、省略して図示していない。

【0008】図21において、WDM光信号は、AOTF部210に入力され、AOTF部210に印加されたRFF信号の周波数に対応する波長の光信号が、AOTF部210の分岐ポートから分岐光信号として分岐する。この分岐光信号は、光を増幅する光アンプ217によって増幅された後、1×8光カプラー218に入力する。この1×8光カプラー218によって分岐光信号は、8つに分配されて分岐し、AOTF部219に入力する。したがって、分配された分岐光信号の各々には、AOTF部210によって分岐したすべての波長の光信号が含まれている。このためAOTF部219によって、光受信機220が受信処理する波長の光信号のみが選択され、光受信機220により受信処理される。

【0009】一方、挿入される挿入光信号は次のようにして生成される。光源となるレーザダイオード(以下、「LD」と略記する。)211は、挿入すべき光信号の波長に対応する波長のレーザ光を発生し、挿入する光信号の数だけ、図21では、8つ用意されている。これらのLDからのレーザ光は、8×8光カプラー212に入力する。8×8光カプラー212は、8つの波長の光を合波し、この合波した光を8つに分配して分岐する。分岐した光は、光アンプ213によって増幅された後に、AOTF部214に入力する。AOTF部214は、RFF信号の周波数に対応する波長の光信号のみを選択し、AOTF部214の分岐ポートから分岐光信号として分岐する。この分岐光信号は、光を増幅する光アンプ217によって増幅された後、1×8光カプラー218に入力する。この1×8光カプラー218によって分岐光信号は、8つに分配されて分岐し、AOTF部219に入力する。したがって、分配された分岐光信号の各々には、AOTF部210によって分岐したすべての波長の光信号が含まれている。このためAOTF部219によって、光受信機220が受信処理する波長の光信号のみが選択され、光受信機220により受信処理される。

【0005】一方、挿入される挿入光と同様に、PBS 203によってTEモードとTMモードとに分かれて光導波路201、202を進行し、弾性表面波と相互作用を起し、特定の波長の光のみが各モードが入れ替わり、進

岐した光は、光アンプ213によって増幅された後にAOTF部214に入力する。AOTF部214は、8つの波長の光が多重する光の中から挿入光信号に使用した波長の光を選択し出力する。AOTF部214によって選択された光は、光受信機215によって受信され、光信号となり、8×1光カプラー216に入力する。この8×1光カプラー216は、各波長の光信号を合波して挿入光信号を生成する。生成した挿入光信号は、AOTF部210に挿入ポートに入力される。

【0010】挿入光信号は、上述のようにAOTF部210が所望の波長の光信号を分岐するだけでなく、分岐した波長と同一の波長の光信号を挿入するで、AOTF部210によって挿入され、分岐しないで通過するWDM光信号とともにAOTF部210の出力ポートからWDM光信号として出力される。このように、AOTFは、OADM装置のWDM信号を通過・分岐・挿入する部分、挿入光信号を生成する部分および分岐光信号を受信処理する部分に使用される。

【0011】図22は、図20に示すようなAOTF部を用いたOADM装置の第2の基本構成を示す図である。図22に示すOADM装置は、8つの波長の光信号を分岐して受信処理することができる。8つの波長の光信号を生成して挿入することができる場合を示している。ここで、光信号を受信処理する各構成は、各々同一であるので1つの構成を示し、残りの構成は、省略して図示していない。また、光信号を生成する各構成も、各々同一であるので1つの構成を示し、残りの構成は、省略して図示していない。さらに、図21と同一の構成については、同一の符号を付し、その説明を省略する。

【0012】図22において、WDM光信号は、光カプラー230に入力され、この光カプラー230によってWDM光信号は、2つに分岐する。分岐したWDM信号の一方は、AOTF部231に入力し、他方は、光アンプ217に入力する。この他方のWDM光信号は、光アンプ217によって増幅され、1×8光カプラー218に入力する。この1×8光カプラー218によって8つに分配されて分岐し、AOTF部219に入力する。このAOTF部219によって、光受信機220が受信処理する波長の光信号のみが選択され、光受信機220により受信処理される。

【0013】一方、AOTF部231に入力したWDM光信号は、受信処理する部分のAOTF部219と同一の光信号であったWDM光信号の偶数(奇数)のチャネルの光信号を選択し、何処にも接続していない選択ポートに出力する。したがって、AOTF部231によって選択された波長の光信号は、捨てられる。AOTF部231を通過したWDM光信号は、AOTF部232に入力する。このAOTF部232においても、受信処理する部分のAOTF部219と同一の光信号であったWDM光信号の奇数(偶数)のチャネルの光信号を選択し、

何処にも接続していない選択ポートに出力する。そして、AOTF部232を通過したWDM光信号は、光カプラー233に入力する。

【0014】ここで、AOTF部231、232を2段に連続に接続したのは、AOTFの波長選択特性の幅が広く、「1 TURT G. 692動」で規定される0.8 nm間隔の波長の狭い光信号を1つのAOTFで分岐しようとする、クロストークが発生してしまうためである。このため、1段目のAOTF部231において、2段目のAOTF部232においてWDM光信号の奇数(偶数)帯目の光信号を選択させて、受信することができ、クロストークを減少させることができる。

【0015】また、挿入される挿入光信号は、図21と同様に生成されるので、その説明を省略する。生成された挿入光信号は、光カプラー233に入力され、AOTF部231およびAOTF部232を通過したWDM光信号と合波され、WDM光信号として光伝送路に送出される。このように、AOTFは、OADM装置のWDM信号を通過・分岐・挿入する部分、挿入光信号を生成する部分および分岐光信号を受信処理する部分に使用される。

【0016】

【発明が解決しようとする課題】ところで、AOTFは、上述のようにRFF信号の周波数に応じた波長の光のみを選択して分岐させることができるが、選択波長に対する温度依存性が高い。具体的に、同一周波数のRFF信号を印加した場合に1℃温度が上昇すると選択波長が0.8 nm (100 GHz) 変化する。

【0017】このため、AOTFを使用したOADM装置において、0.8 nm間隔で波長が配置されているWDM光信号では、選択しようとしている波長の光信号に対し隣の波長の光信号を選択してしまい問題である。また、OADM装置に使用されるAOTFをすべて同一温度に管理することは難しいことから、同一波長を選択するためにすべてのAOTFに同一周波数のRFF信号を印加しても同一波長の光信号を選択できないという問題がある。

【0018】さらに、このRFF信号によって選択される波長は、AOTFの製造にもなう素子のパズルや経年変化などにも敏感であるという問題もある。また、上述のようにAOTFにおける波長選択は、光をTEモードとTMモードとに分離し弾性表面波と相互作用させることによって制御していることから波長が変化すると選択される波長が変化するという問題がある。

【0019】さらに、AOTFは、印加するRFF信号の入力強度によって選択される光の強度が変化するという問題もある。このことは、図22のようなOADM装置においてAOTFによって選択ポートに出力される光の

強度が変化することになる。仮に、R F 信号の入力強度が適当ではない場合には選択ポートに充分に光信号が選択されないから、選択ポートに出力することによって光信号を遮断する場合には、A O T F で遮断すべき光信号を充分に遮断（リジエクト）できないという問題となる。

【0020】そこで、請求項1ないし請求項13に記載の発明では、A O T F で使用することによって好適な、温度変化や経年変化などが生じて所定波長の光信号を選択することができる可変波長選択フィルタを提供することを目的とする。請求項14に記載の発明では、A O T F で使用することによって好適な、温度変化や経年変化などが生じて所定波長の光信号を充分に遮断することができる可変波長選択フィルタを提供することを目的とする。

【0021】請求項15ないし請求項17に記載の発明では、温度変化や経年変化などが生じて所定波長の光信号を分岐・挿入することができるO A D M 装置を提供することを目的とする。請求項18、19に記載の発明では、請求項1または請求項2に記載の可変波長選択フィルタを利用することによってO A D M 装置などを利用されるO A T F 2 請求項20に記載の発明では、請求項1または請求項2に記載の可変波長選択フィルタを利用することによってスペクトルモニタの機能を兼ね備えたO A D M 装置を提供することを目的とする。

【0023】

問題を解決するための手段（請求項1、2、3、9、10）図1は、請求項1、2、3、9、10に記載の発明の原理構成を示す図である。

【0024】図1において、本可変波長選択フィルタは、A O T F 部10、光強度検出手段11、最大値判別手段12、周波数制御手段13およびR F 信号発生手段14から構成されている。ここで、A O T F 部10と光強度検出手段11との間にある破線で示した第3の偏光手段18は、請求項10に記載の可変波長選択フィルタの構成要件であり、請求項1、2、3、9に記載の可変波長選択フィルタの構成要件ではない。

【0025】まず、請求項1に記載の可変波長選択フィルタの原理について説明する。入力光信号は、印加するR F 信号の周波数に応じて特定波長の光信号を分岐および挿入することができるA O T F 部10に入力される。

このA O T F 部10は、請求項1、2、3に記載の可変波長選択フィルタにおいて、具体的には、受光した光信号と挿入すべき光信号とを合波するとともに合波した光信号をT M モード光とT E モード光とに分岐する第1の偏光手段と、分岐したT M モード光を導波する第1の光導波路とT E モード光を導波する第2の光導波路とにR F 信号を印加するR F 信号印加手段と、このR F 信号を印加された第1の光導波路と第2の光導波路とからの光信号を合波するとともにR F 信号に対応した波長の光

波数をその第1の周波数間隔より狭い第2の周波数間隔で変えながら光強度検出手段11によって所定波長の光信号を検出して、所定波長の光信号に対する光強度の第2の最大値を判別する。そして、この第2の最大値を与えるR F 信号の周波数を周波数制御手段13に出力する。

【0031】なお、他の構成は、請求項1に記載の可変波長選択フィルタと同一であるので、その説明を省略する。このように初めにR F 信号の周波数を広い間隔で変換させて所定波長に対する最大値を大雑把に探す。その後、その最大値を与えるR F 信号の周波数に対して、前後の周波数範囲で、R F 信号の周波数を狭い間隔で変換させ、請求項2に記載の可変波長選択フィルタは、請求項1に記載の可変波長選択フィルタに較べより速くしかもより正確に最大値を判別することができるから、より速くしかもより正確に特定波長の光信号を選択することができる。

【0032】次に、請求項3に記載の可変波長選択フィルタの原理について説明する。請求項3に記載の可変波長選択フィルタは、請求項1に記載の可変波長選択フィルタにおいて、特定波長の光信号の周波数を変更する度に、周波数制御手段13は、この特定波長の光信号における光強度が最大値となるようにR F 信号の周波数を制御する。

【0033】このように特定波長の光信号を選択する度に、特定波長の光信号を選択するR F 信号の周波数を探すから、温度変化などによって特定波長を選択するR F 信号の周波数がずれたとしても、正確に特定波長の光信号を選択することができる。次に、請求項9に記載の可変波長選択フィルタの原理について説明する。請求項9に記載の可変波長選択フィルタにおいて、A O T F 部10は、R F 信号印加手段を第1の光導波路に第1のR F 信号を印加する第1のR F 信号印加手段と第2のR F 信号印加手段とで構成する。これに対応してR F 信号発生手段14は、それら第1のR F 信号印加手段と第2のR F 信号印加手段とに異なる周波数のR F 信号を供給するように構成する。

【0034】なお、他の構成は、請求項1に記載の可変波長選択フィルタと同一であるので、その説明を省略する。一般に、A O T F は、〔従来の技術〕の項において説明したように、T E モードとT M モードとに分かれて光導波路を進行し、弾性表面波と相互作用を起こし、特定波長の各モードが入れ替わることによって、特定波長の光を選択する。このとき、T E モードをT M モードに入れ替える最適なR F 信号の周波数とT M モードをT E モードに入れ替える最適なR F 信号の周波数とは、互いに異なる。

【0035】このため、請求項9に記載の可変波長選択

フィルタの構成とすることにより、各モードに対し最大値判別手段12において個別にR F 信号の周波数を変化させることができ、その結果に基づいて各モードに対し異なる周波数のR F 信号を印加することができるから、請求項1に記載の可変波長選択フィルタに較べより正確に特定波長の光信号を選択することができる。

【0036】次に、請求項10に記載の可変波長選択フィルタの原理について説明する。請求項10に記載の可変波長選択フィルタにおいて、A O T F 部10は、R F 信号印加手段を第1の光導波路に第1のR F 信号を印加する第1のR F 信号印加手段と第2の光導波路に第2のR F 信号を印加する第2のR F 信号印加手段とで構成する。これに対応してR F 信号発生手段14は、それら第1のR F 信号印加手段と第2のR F 信号印加手段とに異なる周波数のR F 信号を供給するように構成する。

【0037】また、上述したようにA O T F 部10と光強度検出手段11との間に第3の偏光手段18を設ける。この第3の偏光手段18は、A O T F 部から選択して出力される光信号をT M モードとT E モードとに分岐して光強度検出手段11に出力する。これに対応して光強度検出手段11は、第3の偏光手段18から出力されるT M モードの光強度を検出する第1の光強度検出手段と第3の偏光手段18から出力されるT E モードの光強度を検出する第2の光強度検出手段とを有する第2の光強度検出手段で構成する。

【0038】なお、他の構成は、請求項1に記載の可変波長選択フィルタと同一であるので、その説明を省略する。このように構成することにより、T M モード、T E モードの各モードに対し個別に光強度検出手段11を備えているので、T E モードに対し最適なR F 信号の周波数とT M モードに対し最適なR F 信号の周波数とを独立に探すことができる。そのため、請求項10に記載の可変波長選択フィルタは、正確に特定波長の光信号を選択することができる。

【0039】一方、偏光がゆっくり回転している場合には、請求項10に記載の可変波長選択フィルタが有効であるが、最適なR F 信号の周波数を探するための時間よりも高速に偏光が回転している場合には、上述のようにT E モードとT M モードとを分離して各光強度を検出して最適なR F 信号の周波数を探していたのでは、偏光の回転に追いつけない。この場合には、請求項9に記載の可変波長選択フィルタの方が有利である。

【0040】ここで、請求項1、2、3、9、10に記載の可変波長選択フィルタにおいて、挿入すべき挿入光信号がある場合には、挿入光信号もA O T F 部10に入力され、A O T F 部10においてR F 信号による弾性表面波と相互作用をして出力光信号として光伝送路に出力される。

（請求項4ないし請求項6）初めに、請求項4ないし請求項6に記載の可変波長選択フィルタに共通な事項につ



いて説明する。  
 【0041】図2は、温度変化に対するRFF信号の周波数と選択波長との関係を示す図である。図2の縦軸は、 $\mu\text{m}$ 単位で表示したAOTFによって選択された周波数であり、横軸は、MHz単位で表示したAOTFに印加されるRFF信号の周波数である。図2において、直線Xは、温度aにおけるRFF信号の周波数と選択波長との関係を示すグラフであり、直線Yは、温度bにおけるRFF信号の周波数と選択波長との関係を示すグラフである。

【0042】このように、AOTFは、RFF信号の周波数が同一の場合において、その温度が変化すると選択波長も、変化する。上述したように、1℃の温度変化に対して、0.8nmだけ選択波長は、シフトする。しかし、図2に示すように直線Xと直線Yの傾きは、温度変化に対して一定である。すなわち、単位RFF信号の周波数変化に対する選択波長変化は、温度変化に対して一定である。

【0043】この事実、請求項4ないし請求項6に限らず、すべてのAOTFに共通の事実である。請求項4ないし請求項6に記載の可変波長選択フィルタは、特定波長を選択する際に、この物理現象を利用して温度変化を補償するものである。すなわち、RFF信号の周波数と選択波長との関係は、直線であってしかも温度変化に対してその傾きが一定であるので、特定波長を選択する際、温度においてRFF信号の周波数と選択波長との関係が、いづれか一点だけ判れば直線が引けるから、その温度における任意の波長を選択するRFF信号の周波数が判る。よって、特定波長を選択するRFF信号の周波数も判ることになる。

【0044】次に、請求項4、5に記載の可変波長選択フィルタについて説明する。図3は、請求項4、5に記載の発明の原理構成を示す図である。図4は、基準信号とWDM光信号との関係を示す図である。図4(a)は、基準信号が1つである場合を示す図であり、図4(b)は、基準信号が2つである場合を示す図である。

【0045】図3および図4において、本可変波長選択フィルタは、基準信号挿入手段20、AOTF部10、基準信号挿出手段21、周波数演算手段23およびRFF信号発生手段24から構成される。まず、請求項4に記載の可変波長選択フィルタの原理について説明する。入力光信号は、この入力光信号の波長を除いた波長であってその波長が既知である基準信号を入力光信号に挿入する基準信号挿入手段20に入力される。

【0046】ここで、基準信号は、図4(a)に示すように、32波のWDM光信号の信号波長帯から離れた位置に、32波のWDM光信号の信号波長帯から離れた位置であってch1の外側の波長とch1の波長との差、第2の基準信号の波長とch1の波長との差および各ch間の波長差も判るので、各chを選択するRFF信号の周波数も演算することができる。

【0047】また、基準信号が、図4(b)のように2つである場合には、2組の判別されたRFF信号の周波数と基準信号の波長との値から、RFF信号の周波数と選択波長との関係を演算する。そして、第1の基準信号の波長とch1の波長との差、第2の基準信号の波長とch1の波長との差および各ch間の波長差も判るので、各chを選択するRFF信号の周波数も演算することができる。

【0048】また、AOTF部10によって分岐した光信号は、基準信号を挿入する基準信号挿入手段21に入力される。一方、AOTF部によって分岐した光信号は、AOTF部10から光伝送路に出力光信号として送出される。この基準信号挿入手段21の出力は、周波数演算手段23に入力され、周波数演算手段23は、RFF信号発生手段24によって発生するRFF信号の周波数を変えながら基準信号挿出手段21が基準信号を挿入した場合には、RFF信号の周波数と基準信号の波長とに基づいて可変波長選択フィルタによって選択される光信号の波長とRFF信号の周波数との関係を演算する。

【0049】このような構成の請求項4に記載の可変波長選択フィルタにおいては、周波数演算手段23によってRFF信号の周波数を基準信号挿出手段21が基準信号を挿入するまで変化させる。そして、周波数演算手段23は、基準信号挿出手段21から出力を受信したときのRFF信号の周波数と基準信号の波長とからRFF信号の周波数と選択波長との関係を演算する。

【0050】この演算方法は、基準信号が図4(a)のように1つである場合には、単位RFF信号の周波数変化に対する選択波長変化の値を記憶しておき、その傾きの値および1組の判別されたRFF信号の周波数と基準信号の波長との値から、RFF信号の周波数と選択波長との関係を演算する。そして、この基準信号の波長とch1の波長との差および各ch間の波長差も判るので、各chを選択するRFF信号の周波数も演算することができる。

【0051】また、基準信号が、図4(b)のように2つである場合には、2組の判別されたRFF信号の周波数と基準信号の波長との値から、RFF信号の周波数と選択波長との関係を演算する。そして、第1の基準信号の波長とch1の波長との差、第2の基準信号の波長とch1の波長との差および各ch間の波長差も判るので、各chを選択するRFF信号の周波数も演算することができる。

【0052】こうしてある温度におけるRFF信号の周波数と選択波長との関係が判別されるので、温度変化など

により特定波長を分岐・挿入するRFF信号の周波数が判れたとしてもその特定波長の光信号を選択することができ、次に、請求項5に記載の可変波長選択フィルタの原理について説明する。請求項5に記載の可変波長選択フィルタは、請求項4に記載の可変波長選択フィルタにおいて、基準信号の波長数、光信号を送送する波長帯域の端の波長数に配置される。

【0053】光通信ネットワークにおいては、光信号を送送する波長帯域に応じて、S+バンド(1450nm～1490nm)、S+バンド(1490nm～1530nm)、M+バンド(1530nm～1570nm)、L+バンド(1570nm～1610nm)およびL+バンド(1610nm～1650nm)がある。これら各バンドに応じて光信号を増幅する増幅器が使用されるが、この増幅器の利得特性は、バンド全体に亘って平坦な利得特性ではなく、各バンドの境界付近において利得が急激に減少する。そのため、各バンドの境界付近の波長には光信号を配置しないので、ここに基準信号を配置することにより、基準信号をこれを使用する可変波長選択フィルタにだけとどめ、他の可変波長選択フィルタに影響しないようにすることができる。特に、光通信ネットワークの光伝送路に配置される中継増幅器によって基準信号は、増幅されないで、この可変波長選択フィルタを使用したOADM装置だけに基準信号をとどめ光通信ネットワーク内に送出不いようにすることができ、

【0054】次に、請求項6に記載の可変波長選択フィルタの原理について説明する。図5は、請求項6に記載の発明の原理構成を示す図である。図6は、ASEの値とWDM光信号との関係を示す図である。図5および図6において、本可変波長選択フィルタは、増幅器30、AOTF部10、スペクトルモニタ31、波長判別手段32、周波数演算手段33およびRFF信号発生手段34から構成される。

【0055】入力光信号は、この入力光信号を含む波長帯域を増幅する増幅器30に入力される。一般に、増幅器の増幅媒質中で自然放光が発生し、この自然放光は、増幅すべき光信号と同じように増幅される白色雑音となる。これをASE (Amplified Spontaneous Emission) という。入力光信号は、図6に示すようにこのASEを含む光信号となる。

【0056】このASEを含んだ入力光信号は、印加するRFF信号の周波数に応じて特定波長の光信号を選択することができるAOTF部10に入力される。このAOTF部10は、請求項1に記載の可変波長選択フィルタと同様であるのでその説明を省略する。このAOTF部10の第1および第2の光伝送路に印加されるRFF信号は、RFF信号発生手段34によって発生し、RFF信号発生手段34は、波長判別手段32および周波数演算手段33によってその周波数が判別される。

【0057】AOTF部10によって選択しなかつた光信号は、光信号の波長とこの波長における光強度とを監視するスペクトルモニタ31に入力される。なお、AOTF部10によって選択した光信号は、後述する。波長判別手段32は、伝送する光信号の波長を分岐させない周波数であって増幅器で発生したASEのうちいづれかの波長を分岐させる既知の周波数のRFF信号を発生させ、スペクトルモニタ31からの出力によってASEの波長に印加するとそれに対応する波長のASEが選択されるので、図6に示すように、選択された部分のASEの光強度が減少して偏みを作る。この偏みを波長判別手段32によって検出することによって1組のRFF信号の周波数と選択波長との関係を判別することができる。

【0058】波長判別手段32によって判別された1組のRFF信号の周波数と選択波長との関係は、周波数演算手段33に出力され、周波数演算手段33は、この1組の値に基づいて可変波長選択フィルタによって選択される光信号の波長数とRFF信号の周波数との関係を演算する。この演算方法は、単位RFF信号の周波数変化に対する選択波長変化の値を記憶しておき、その傾きの値および1組の判別されたRFF信号の周波数とASEの波長との値から、RFF信号の周波数と選択波長との関係を演算する。

【0059】このように構成することにより、ある温度におけるRFF信号の周波数と選択波長との関係が判別されるので、温度変化などにより特定波長を選択するRFF信号の周波数が判れたとしてもその特定波長の光信号を選択することができ、次に、請求項7に記載の可変波長選択フィルタの原理について説明する。図7は、請求項7に記載の発明の原理構成を示す図である。

【0060】図7において、本可変波長選択フィルタは、AOTF部10、スペクトルモニタ41、周波数演算手段43およびRFF信号発生手段44から構成される。入力光信号は、印加するRFF信号の周波数に応じて特定波長の光信号を選択することができるAOTF部10に入力される。このAOTF部10は、請求項1に記載の可変波長選択フィルタと同様であるのでその説明を省略する。このAOTF部10の第1および第2の光伝送路に印加されるRFF信号は、RFF信号発生手段44によって発生し、RFF信号発生手段44は、波長判別手段43によってその周波数が判別される。

【0061】AOTF部10によって選択しなかつた光信号は、光信号の波長とこの波長における光強度とを監視するスペクトルモニタ41に入力される。周波数演算手段43は、RFF信号発生手段44からAOTF部10に印加しているRFF信号の周波数と選択波長との関係が判別される。

【0062】こうしてある温度におけるRFF信号の周波数と選択波長との関係が判別されるので、温度変化など

【0057】AOTF部10によって選択しなかつた光信号は、光信号の波長とこの波長における光強度とを監視するスペクトルモニタ31に入力される。なお、AOTF部10によって選択した光信号は、後述する。波長判別手段32は、伝送する光信号の波長を分岐させない周波数であって増幅器で発生したASEのうちいづれかの波長を分岐させる既知の周波数のRFF信号を発生させ、スペクトルモニタ31からの出力によってASEの波長に印加するとそれに対応する波長のASEが選択されるので、図6に示すように、選択された部分のASEの光強度が減少して偏みを作る。この偏みを波長判別手段32によって検出することによって1組のRFF信号の周波数と選択波長との関係を判別することができる。

【0058】波長判別手段32によって判別された1組のRFF信号の周波数と選択波長との関係は、周波数演算手段33に出力され、周波数演算手段33は、この1組の値に基づいて可変波長選択フィルタによって選択される光信号の波長数とRFF信号の周波数との関係を演算する。この演算方法は、単位RFF信号の周波数変化に対する選択波長変化の値を記憶しておき、その傾きの値および1組の判別されたRFF信号の周波数とASEの波長との値から、RFF信号の周波数と選択波長との関係を演算する。

【0059】このように構成することにより、ある温度におけるRFF信号の周波数と選択波長との関係が判別されるので、温度変化などにより特定波長を選択するRFF信号の周波数が判れたとしてもその特定波長の光信号を選択することができ、次に、請求項7に記載の可変波長選択フィルタの原理について説明する。図7は、請求項7に記載の発明の原理構成を示す図である。

【0060】図7において、本可変波長選択フィルタは、AOTF部10、スペクトルモニタ41、周波数演算手段43およびRFF信号発生手段44から構成される。入力光信号は、印加するRFF信号の周波数に応じて特定波長の光信号を選択することができるAOTF部10に入力される。このAOTF部10は、請求項1に記載の可変波長選択フィルタと同様であるのでその説明を省略する。このAOTF部10の第1および第2の光伝送路に印加されるRFF信号は、RFF信号発生手段44によって発生し、RFF信号発生手段44は、波長判別手段43によってその周波数が判別される。

【0061】AOTF部10によって選択しなかつた光信号は、光信号の波長とこの波長における光強度とを監視するスペクトルモニタ41に入力される。周波数演算手段43は、RFF信号発生手段44からAOTF部10に印加しているRFF信号の周波数と選択波長との関係が判別される。

【0062】こうしてある温度におけるRFF信号の周波数と選択波長との関係が判別されるので、温度変化など

【0063】このように構成することにより、ある温度におけるRFF信号の周波数と選択波長との関係が判別されるので、温度変化などにより特定波長を選択するRFF信号の周波数が判れたとしてもその特定波長の光信号を選択することができ、次に、請求項7に記載の可変波長選択フィルタの原理について説明する。図7は、請求項7に記載の発明の原理構成を示す図である。

【0064】図7において、本可変波長選択フィルタは、AOTF部10、スペクトルモニタ41、周波数演算手段43およびRFF信号発生手段44から構成される。入力光信号は、印加するRFF信号の周波数に応じて特定波長の光信号を選択することができるAOTF部10に入力される。このAOTF部10は、請求項1に記載の可変波長選択フィルタと同様であるのでその説明を省略する。このAOTF部10の第1および第2の光伝送路に印加されるRFF信号は、RFF信号発生手段44によって発生し、RFF信号発生手段44は、波長判別手段43によってその周波数が判別される。

【0065】このように構成することにより、ある温度におけるRFF信号の周波数と選択波長との関係が判別されるので、温度変化など

【0066】このように構成することにより、ある温度におけるRFF信号の周波数と選択波長との関係が判別されるので、温度変化など

【0067】このように構成することにより、ある温度におけるRFF信号の周波数と選択波長との関係が判別されるので、温度変化など

【0068】このように構成することにより、ある温度におけるRFF信号の周波数と選択波長との関係が判別されるので、温度変化など

【0069】このように構成することにより、ある温度におけるRFF信号の周波数と選択波長との関係が判別されるので、温度変化など

【0070】このように構成することにより、ある温度におけるRFF信号の周波数と選択波長との関係が判別されるので、温度変化など

【0071】このように構成することにより、ある温度におけるRFF信号の周波数と選択波長との関係が判別されるので、温度変化など

【0072】このように構成することにより、ある温度におけるRFF信号の周波数と選択波長との関係が判別されるので、温度変化など

【0073】このように構成することにより、ある温度におけるRFF信号の周波数と選択波長との関係が判別されるので、温度変化など







て、第1ないし第3の可変長選択フィルタのうち少なくとも1つは、請求項18または請求項19に記載のサブトルモニタであって、第1ないし第3の可変長選択フィルタのうち少なくとも1つを可変長選択フィルタとして使用するかを制御する選択制御手段とをさらに備えて構成し、第1ないし第3の可変長選択フィルタのうち少なくとも1つは、可変長選択フィルタとサブトルモニタとしての機能とを兼ねる。

【0100】このように構成することにより、請求項20に記載のOADM装置は、可変波長選択フィルタとステクトルモニタとしての機能を兼ね備えることができる。

[0101]

【発明の実施の形態】以下、図面に基づいて本発明における実施の形態を説明する。

【0102】(第1の実施形態)第1の実施形態は、請求項1～5、11、12、14～20に記載の発明を適用して構成された可変波長選択フィルタ・OADM装置の実施形態である。

【0103】図12は、第1の実施形態におけるOAD M装置の構成を示す図である。図12において、OAD M装置は、3つの構成部分に大きく分けることができる。第1の構成部分は、光伝送路を伝送する32波のWDM光信号から必要に応じて分岐して分岐した特定波長の光信号

信処理部分に分岐した光信号と同一波長の光信号を光伝

送路から取り除き、次のノードに伝送されることを遮断するリジェクト部分である。第3の構成部分は、WDM

光信号の空いているchに光信号を生成して押入する押入部分である。なお、受信処理部分、リジェクト部分および押入部分は、それぞれ16波を処理することができ

【0104】このようにOADM装置は、3つの構成部

T/F部84、90におけるR/F信号の周波数と選択波長との関係を判別するための第1基準信号と第2基準信号とを発生させ、これらの基準信号を光カプラ83、89、91に入射させる。これらの基準信号は、WDM光信号に使用される波長を除いた波長であつたよびが、WDM光信号と混同しないためには、WDM光信号の波長帯域の両側の波長とするのが望ましい。さらに、WDM光信号の波長帯域がMバンドの場合には、これら基準信号を使用するAOTF84、90にいつでも光伝送路に送出させなければならないために、Mバンドの端の波長を使用し、第1基準信号は、1530nm～1535nmの間の波長、例えば、1530nmとする。また、第2基準信号は、1565nm～1570nmの間の波長、例えば、1570nmとする。これらの基準信号をこのような波長とすることにより、これら基準信号は、通常Mバンドに対して使用される中継光増幅器の利得傾斜の部分に配置されるので、仮にOAADM装置から送出されたとしても光通信ネットワークを伝送する間に減衰してしまふ。

【0107】光カプラ8 3は、基信号光源8 2から入射した第1基信号および第2基信号と光カプラ8 1から入射したWDM光信号とを合成して、この合成した光信号をAOTF部8 4に入射させる。AOTF部8 4は、RFF信号を発生するRFF信号光源8 8によって印加されたRFF信号の周波数に対応して特定の波長の光信号を入力した光信号の周波数から選択して分岐し、選択された光信号を通過させる。この分岐した光信号は、その光信号を受光して光強度を検出するホトダイオード（以下、「PD」と略記する。）8 5に入射する。

【0108】このPD85は、受光した光強度に従ったレベルの電気信号をA/D86に出力する。A/D86は、受信したアナログ信号をデジタル信号に変換してリジエクト制御AOTF制御CPU87に送信する。リジエクト制御AOTF制御CPU87は、各種データを蓄積したEEPROM(Electric Erasable Programmable Read Only Memory)101からデータへの送受信を行い、AOTF部84、90やRF信号部88、98などを後述するように制御する。

【0109】また、RF信号源88は、このプロジェクト側AOTF制御CPU87によって発生するRF信号の周波数とパワー（強度）とを制御される。RF信号源88は、プロジェクトするchをあるchから他のchに變更する場合にその間のchに影響を与えないようにするため、16波より1つ多い17個のRF信号源が用意されている。

【0110】EEPROM101は、第1基準信号スキャン開始R<sub>F</sub>周波数、第1基準信号スキャン終了R<sub>F</sub>周波数、第2基準信号スキャン開始R<sub>F</sub>周波数、第2基準信号スキャン終了R<sub>F</sub>周波数、基準信号スキャン間隔、第1基準信号スキャン開始R<sub>F</sub>、パルス数トラッキング間隔、基準信号スキャン間隔、基準信号スキャン終了パワー、パワースキャン間

隔、パワートラッキング間隔、基地番号補足用閾値など蓄積する。

【0111】一方、AOTF部84を通過した光信号は、光カプラ89に入射し、この光カプラ89によって、基準信号光源82から入射した第1基準信号および第2基準信号と再度合波されるのは、AOTF部84によってこれら基準信号が選択されて分岐した場合に次段のAOTF部90に入射されない虞があるからである。

【0112】合波された光信号は、AOTF部90に入射される。このAOTF部90は、RF信号を発生するRF信号源98によって印加されたRF信号の周波数に対して特定の波長の光信号を入力した光信号から選択して分岐し、選択された光信号を通して、この分岐した光信号は、その光信号を受光して光強度を検出するPD95に入射する。

【0113】このPD95は、受光した光強度に従ったレベルの電気信号をA/D96に出力する。A/D96は、受信したアナログ信号をデジタル信号に変換してリテラジェクト則AOTF制御CPU87に送信する。また、RF信号を源98は、このリジェクト則AOTF制御CPU87によって発生するRF信号の周波数とパワー（強度）とが制御される。

【0114】一方、AOTF部90を通過したWDM光信号は、2つに光を分岐する光カップラ91に入射し、分岐した一方のWDM光信号は、AOTF部84、90によって所望の光信号がリジエクトされた否か確認するたため、光スイッチ（以下、「光SW」と略記する。）97を介して光の波長とその強度とを監視するスベストルモニタ99に入力され、OADM装置制御CPU100によって確認される。確認の結果、所望の光信号がリジエクトされていない場合には、OADM装置制御CPU100は、リジエクト側AOTF制御CPU87に警告を送信して、再度リジエクトさせる。

**【0115】**光SW97は、スペクトルモニタ99により、  
って光SW97に入射するいかなる光信号をスペクトル  
モニタ99に入射させるか制御され、指示された光信号  
をスペクトルモニタ99に入射させる。スペクトルモニ  
タ99は、検出した光の波長とその光強度のデータをO  
ADM装置制御CPU100に出力する。OADM装置  
制御CPU100は、スペクトルモニタ99からのデー  
タに従ってリジェクト細AOFF制御CPU97、分岐  
側AOFF制御CPU123および挿入側AOFF制御  
CPU145を制御する。その各制御は、上述の回路の  
ほか以下の記号で順次明らかにされる。

【0116】また、光カプラ91によって分岐した他方のWDM光値号は、光カプラ92に入射し、この光カプラ92によって後述する挿入部分で生成された光信号と合波される。合波されたWDM光値号は、光強度を増幅する光増幅器93に入射し、増幅されて光カプラ94に

説明する図である。図14の縦軸は、PD85で検出した光強度に対するA/D86の出力値であり、横軸は、RF信号の周波数である。リジエクト側AOTTF制御CPU87は、OADM装置制御CPU100からリジエクト要求を受け、どのchをリジエクトするか識別する(#1)。

【0123】そして、リジエクト側AOTTF制御CPU87は、EEPROM101に蓄積してある「第1基準信号スキャン開始RF周波数 $f_a$  (Hz)」、「基準信号スキャン開始RFパワー $P_a$  (dBm)」を読み込み、RF信号源88へこれらのデータを送信する(#2)。この第1基準信号スキャン開始RF周波数 $f_a$ は、第1基準信号を選択して分岐するRF信号の周波数よりも低い周波数に設定される。さらに、前述したように第1基準信号を選択して分岐するRF信号の周波数は、温度に依存するので、EEPROM101に適当な温度間隔を置いてその温度ごとに $f_a$ を複数用意しておく。

【0124】そして、RF信号源88は、受信した周波数 $f_a$ およびパワー(強度) $P_a$ のRF信号を発生し、AOTTF部84に印加する(#3)。そして、リジエクト側AOTTF制御CPU87は、A/D86を監視し、A/D86の出力値がEEPROM101に蓄積されている基準信号補用周波数 $\alpha$ より大きい小さいかを判断する。もし、小さい場合(図14の点A)には、EEPROM101に蓄積されている「基準信号スキャン間隔 $d$  (Hz)」を用いて、次にスキャンを行うRF信号の周波数 $f_b$ を

$$f_b = f_a + d \quad \dots 1$$

から求め、新たにRF信号源88へ送信する(#4)。

【0125】そして、RF信号源88は、受信した周波数 $f_b$ および最初に受信したパワー $P_a$ のRF信号を発生し、AOTTF部84に印加する(#5)。そして、リジエクト側AOTTF制御CPU87は、A/D86を監視し、A/D86の出力値がEEPROM101に蓄積されている基準信号補用周波数 $\alpha$ より大きい小さいかを判断する(#6)。

【0126】そして、リジエクト側AOTTF制御CPU87は、A/D86の出力値が $\alpha$ より大きくなるまで#4から#6までを繰り返す(#7)。一方、リジエクト側AOTTF制御CPU87は、A/D86の出力値が $\alpha$ より大きい場合(図14の点D、RF信号の周波数 $f_d$ には、EEPROM101に蓄積されている「周波数トラッキング間隔 $\Delta d$  (Hz)」を用いて、次にスキャンを行うRF信号の周波数 $f_a$ 、 $\Delta f_b$ を $f_d$ を中心にして、

$$\Delta f_a = f_d + \Delta d \quad \dots 2$$

$$\Delta f_b = f_d - \Delta d \quad \dots 3$$

から求めて、 $\Delta f_a$ および $\Delta f_b$ を順次に新たにRF信号源88へ送信する(#8)。

【0127】そして、リジエクト側AOTTF制御CPU

で、リジエクションレベルをリジエクト側AOTTF制御CPU87に送信する。さらに、リジエクトchを誤っている場合にはその警告もリジエクト側AOTTF制御CPU87に送信する(#17)。そして、リジエクト側AOTTF制御CPU87は、受信したリジエクションレベルがEEPROM101に蓄積されている「リジエクションレベル閾値 $\beta$  (dBm)」より大きい小さいかを判断する。受信したリジエクションレベルが $\beta$ より小さい場合および警告を受信した場合は、再度第1基準信号および第2基準信号のスキャンを行う(#18)。

【0134】また、AOTTF部90に対するRF信号の周波数とパワーのスキャンは、#1から#18と同様の周波数でリジエクト側AOTTF制御CPUの制御87によって行われるので、その説明を省略する。そして、リジエクト側AOTTF制御CPU100は、遮断すべきchに対応するRF信号の周波数を演算して、その周波数のRF信号をAOTTF部84またはAOTTF部90に印加し、所望のchを遮断させる(#19)。

【0135】なお、基準信号が第1基準信号だけで第2基準信号がない場合には、EEPROM101は、第20基準信号スキャン開始RF周波数および第2基準信号スキャン終了RF周波数に代えて、単位RF信号の周波数変化に対する選択波長変化の値を蓄積する。そして、リジエクト側AOTTF制御CPU87は、#13および#14に代えて、 $f(0)$ 、第1基準信号の波長とch1の波長との差、単位RF信号の周波数変化に対する選択波長変化の値および各ch間隔から各chを選択して遮断するためのRF信号の周波数を算出することを行う。

【0136】このように、所望のchの光信号を遮断する前に、そのchを遮断するRF信号の周波数を算出する。ここで、温度変化などによるRF信号の周波数シフトを補償することができ、したがって、正確に所望のchの光信号を遮断することができ、なお、所望のchの光信号を遮断する際に、#1から#19までを繰り返してもよいが、#15のRF信号のパワーの最適化については、図10で前述したようにRF信号の入力強度とリジエクションレベルとの関係は、RF信号の周波数を変化させてもほぼ同等の特性を示すから、前回に行った結果を使用して#15を省略することができる。

【0137】また、上述では、基準信号を基準信号源82によってWDM光信号に投入したが、光通信ネットワークを運用する上での監視信号であるOSC (Optical Supervisory channel) を基準信号として利用してもよい。こうして最適なRF信号の周波数をAOTTF部84、90に印加することにより、正確に所望のchの光信号を遮断することができるが、遮断している間においても、最適なRF信号は、温度変化、RF信号の周波数のシフトおよびゆらぎなどにより、シフトすることがある。そのため、所望のchを正確に遮断するために最適なRF信号の周波数をトラッキングする必要がある。

【0138】次に、このトラッキングについて説明する。図15は、トラッキング用の変調波長と出力光との関係を示す図である。図15の縦軸は、光強度であり、横軸は、RF信号の周波数である。曲線Zは、AOTTF部の選択特性であり、ほぼ左右対称な上に凸の曲線である。この図15において、光強度の最大値を与えるRF信号の周波数は、上述で求めた所望のchを遮断するたに最適なRF信号の周波数である。横軸の下部の曲線は、正弦波状のトラッキング用の変調信号であり、曲線Zの右上の曲線は、これに比した出力光である。

【0139】AOTTF部84におけるトラッキングとAOTTF部90におけるトラッキングとは、同様の、AOTTF部84におけるトラッキングについて説明する。図12、13、15において、リジエクト側AOTTF制御CPU87は、RF信号源88を制御してAOTTF部84に印加するRF信号の周波数を最適な周波数を中心におわずかに変えて、図15に示すトラッキング用の変調信号を生じさせる。この変調信号を10kHzから1MHzの周波数、例えば、20kHzとする。

【0140】AOTTF部84で遮断される所望のchの光信号は、この変調信号成分を含んでAOTTF部84によって選択されて分岐し、PD85に入射する。PD85は、この光信号の光強度を抽出しA/D86を介してリジエクト側AOTTF制御CPU87に出力する。このため、リジエクト側AOTTF制御CPU87は、この変調信号に対応した光強度の出力値を得られる。

【0141】ここで、光信号をトラッキング用の変調信号で変調しても、本来、AOTTF部84において遮断される光信号であるから、何ら問題ない。リジエクト側AOTTF制御CPU87は、A/D86の出力値が最も大きくなるように制御する。これは、図15に示すように曲線Zがほぼ左右対称な上に凸の曲線であるので、RF信号の周波数を高い方と低い方とに極くわずかに振った場合、周波数の高い方と低い方の両方でA/D86の出力値が小さくなれば、その中心の周波数がA/D86の出力値が最も大きくなるからである。

【0142】また、このようにA/D86の出力値が最も大きくなるように制御することにより、最適なRF信号の周波数を維持することができる。ここで、RF信号の周波数を高い方と低い方とに振る範囲は、極くわずかにあるが、0.8nm間隔のWDM光信号の場合では隣接するch間に対するRF信号の周波数の差が90kHzであるから、少なくとも45kHz以内にすることが必要である。さもなければ隣接するchを遮断してしまうことになるからである。

【0143】なお、リジエクト側AOTTF制御CPU87に周波数カウンタを設けた場合には、A/D86の出力値の周期を検出することによっても最適なRF信号の周波数を維持することができる。すなわち、RF信号源88が発生するRF信号の周波数が最大値を与える周波

数に一致する場合は、この出力値は、トラッキング用変調信号が1周する間に、曲線2の極大値から周波数の高い側に1往復し、さらに周波数の低い側に1往復するので、この変調信号の2倍の周波数の正弦波となる。一方、RF信号源88が発生するRF信号の周波数が最大値を与える周波数に一致しない場合は、この出力値は、この変調信号の2倍の周波数を生じない。

[0144]したがって、変調信号の2倍の周期の出力値が得られるようにRF信号の周波数を調節すれば、常に極大値を与える最適なRF信号の周波数に維持することができる。こうしてAOTF部84は、一度、特定波長の光信号を分岐・挿入するRF信号の周波数が判別された後は、トラッキングによって最適なRF信号の周波数が制御される。

[0145]また、トラッキング用の変調信号を10kHzから1MHzの範囲内で20kHzと設定するので、LNA変調器の可変バイアスコントロール回路用に既にかけられている1kHzの変調信号と混同することがない。さらに、その変調信号を1MHz以下とするので、高周変調ではないから、リジエクト側AOTF制御CPU87の負担となることもない。

[0146]次に、受信処理部分について説明する。(第1の実施形態における受信処理部分の構成)この受信処理部分は、請求項1〜3、16、17に記載の発明を適用して構成された可変波長選択フィルタ・OADM装置の実施形態である。図16は、第1の実施形態におけるOADM装置に関し、この受信処理部分の構成を示す図である。なお、AOTF部112、113とRF信号源119、122とPD117、120とA/D118、121と光カプトラ114、115、124と光受信機116とからなる受信処理を行う部分300は、本受信処理部分が16波の受信処理を行うため16個あるが、同一の構成であるため、図12および図15に、そのうちの1波を受信処理する部分のみを示し、これらの図に図示していない。さらに、その説明も同一であるため、以下、1波を受信処理を行う部分について説明する。

[0147]図16において、前述の光カプトラ81で分岐した32波のWDM光信号は、2つに光を分岐する光カプトラ110に入射する。光カプトラ110で分岐した一方のWDM光信号は、光カプトラ81で32波のWDM光信号が分岐したか否かを確認するために、光SW97を介してスペクトルモニタ99に入射し、OADM装置制御CPU100によって確認される。OADM装置制御CPU100は、WDM光信号が分岐されていることを確認すると、後述する分岐側AOTF制御CPU123に信号を送信し、AOTF制御CPU123に受信処理をさせる。

[0148]一方、光カプトラ110で分岐した他方のWDM光信号は、1×16光カプトラ111に入射し、16

[0153]また、RF信号源119は、この分岐側AOTF制御CPU123によって発生するRF信号の周波数とパワーとを制御される。一方、光カプトラ114で分岐した他方の光信号は、光カプトラ115に入射し、光カプトラ115で再度2つに分岐される。この光カプトラ15で分岐した一方の光信号は、光信号を復調して受信を行う光受信機116に入射し、受信処理される。

[0154]また、この光カプトラ115で分岐した他方の光信号は、AOTF部112、113によって所望のchの光信号が選択されて分岐されたか否かを確認するため、光SW97を介してスペクトルモニタ99に入射し、OADM装置制御CPU100によって確認される。OADM装置制御CPU100は、所望のchの光信号が選択されて分岐していないことを確認すると、分岐側AOTF制御CPU123に信号を送信し、AOTF制御CPU123は、再度AOTF部112、113を制御して受信処理を行う。

[0155]（本発明と第1の実施形態における受信処理部分との対応関係）以下、本発明と第1の実施形態における受信処理部分との対応関係について説明する。請求項1〜3に記載の可変波長選択フィルタと受信処理部分との対応関係については、RF信号発生手段はRF信号源119、122に対応し、光強度検出手段はPD117、120に対応し、最大値判別手段はA/D118、121と分岐側AOTF制御CPU123とEEPROM125とに対応し、周波数制御手段は分岐側AOTF制御CPU123に対応する。

[0156]請求項16、17に記載の分岐・挿入装置と受信処理部分との対応関係については、第2の可変波長選択フィルタはAOTF部112、113とPD11\*30

$$bdr = fadr + ddr$$

から求め、新たにRF信号源122へ送信する（#34）。

[0159]そして、RF信号源122は、受信した周波数**bdr**およびパワー**Padr**のRF信号を発生し、AOTF部112に印加する（#35）。そして、分岐側AOTF制御CPU123は、A/D121を監視し、A/D121の出力値がEEPROM125に蓄積されている基準信号源用周波数**αdr**より大きい小さいかを判断する（#36）。

$$\Delta fadr = fadr + \Delta ddr$$

$$\Delta f bdr = f bdr - \Delta ddr$$

から求めて、 $\Delta fadr$ および $\Delta f bdr$ を順次に新たにRF信号源122へ送信する（#38）。

[0161]そして、分岐側AOTF制御CPU123は、A/D121を監視し、 $\Delta fadr$ に対するA/D121の出力値と $\Delta f bdr$ に対するA/D121の出力値と比較する（#39）。そして、 $\Delta f bdr$ に対するA/D121の出力値より $\Delta fadr$ に対するA/D121の出力値の方が大きい場合には、周波数の中心を**fadr**か

\*7、120とA/D118、121と分岐側AOTF制御CPU124とEEPROM125とRF信号源119、122とに対応する。

（第1の実施形態における受信処理部分の作用効果）次に、AOTF部112における分岐側AOTF制御CPU123の制御について説明する。

[0157]分岐側AOTF制御CPU123は、OADM装置制御CPU100から受信処理要求を受け、どのchを受信処理するか確認する（#31）。そして、分岐側AOTF制御CPU123は、EEPROM101に蓄積してある「スキヤン開始RF周波数**fadr**（Hz）」、「スキヤン開始RFパワー**Padr**（dBm）」を読み込み、RF信号源122へこれらのデータを送信する（#32）。このスキヤン開始RF周波数**fadr**は、ch1を選択して分岐するRF信号の周波数よりも低い周波数に設定される。さらに、前述したようにch1を選択して分岐するRF信号の周波数は、温度に依存するので、EEPROM125に適切な温度間隔を置いてその温度ごとに**fadr**を複数用意しておく。

[0158]そして、RF信号源122は、受信した周波数**fadr**およびパワー（強度）**Padr**のRF信号を発生し、AOTF部112に印加する（#33）。そして、分岐側AOTF制御CPU123は、A/D121を監視し、A/D121の出力値がEEPROM125に蓄積されている基準信号源用周波数**αdr**より大きい小さいかを判断する。もし、小さい場合には、EEPROM125に蓄積されている「スキヤン間隔**Δdr**（Hz）」を用いて、次にスキヤンを行うRF信号の周波数**f bdr**を

$$\dots 5$$

※ [0160]そして、分岐側AOTF制御CPU123は、A/D121の出力値が**αdr**より大きくなるまで#34から#36までを繰り返す（#37）。一方、分岐側AOTF制御CPU123は、A/D121の出力値が**αdr**より大きい場合には、EEPROM125に蓄積されている「周波数トラッキング間隔**Δ ddr**（Hz）」を用いて、次にスキヤンを行うRF信号の周波数**fadr**、 $\Delta f bdr$ をそのときにRF信号源122に印加されている周波数**f erd**を中心にして、

$$\dots 6$$

$$\dots 7$$

ら**fadr**に換えて、#38および#39を行う。一方、 $\Delta fadr$ に対するA/D121の出力値より $\Delta f bdr$ に対するA/D121の出力値の方が大きい場合には、周波数の中心を**fadr**から $\Delta f bdr$ に換えて、#38および#39を行う（#40）。

[0162]このようにA/D121の出力値が大きい方の周波数を次にスキヤンする周波数の中心に換えて、スキヤンを行うと中心の周波数は、A/D121の出力



値の極大値を与え、周波数まで移動する。そして、分岐側AOTF制御CPU123は、極大値を判定してスキヤンを停止する(＃41)。

[0163]そして、分岐側AOTF制御CPU123は、その極大値を与える周波数をch1の周波数f(ch1)とする(＃42)。そして、分岐側AOTF制御CPU123は、f(ch1)、ch1の波長、単位RF信号の周波数変化に対する選択波長変化の値および各ch1の間隔から各chを選択して分岐するためのRF信号の周波数を算出する(＃43)。

[0164]そして、＃31から＃43までの同様の制御により、AOTF部113についても各chを選択して分岐するためのRF信号の周波数を算出する(＃44)。ここで、図12、16に示すようにAOTF部が2段に接続している場合には、光信号の進行方向に対して前段のAOTF部112のRF信号の周波数と選択波長との関係を判別している間は、RF信号の周波数のスキヤンに従い光信号が選択されて分岐してしまうので、後段のAOTF部113において＃31から＄43までの同様の制御によってRF信号の周波数と選択波長との関係を判別できない。このためAOTF部112のRF信号の周波数と選択波長との関係の判別とAOTF部113のRF信号の周波数と選択波長との関係の判別とは、時分割で行う必要がある。AOTF部を多段に接続した場合も同様である。

[0165]そして、OADM装置制御CPU100は、光カプラー115と光SW97とを介してスペクトルモニター99に選択・分岐後のAOTF部113から出力される光信号を監視させ、所望の光信号が選択・分岐されているか否か、選択・分岐レベルはどの程度かを測定させる(＄45)。そして、OADM装置制御CPU100は、スペクトルモニター99からこれらのデータを受けて、選択・分岐レベルを分岐側AOTF制御CPU123に送信する。さらに、選択・分岐chを誤っている場合にはその警告も分岐側AOTF制御CPU123に送信する(＄46)。

[0166]そして、分岐側AOTF制御CPU123は、受信した選択・分岐レベルがEEPROM125に蓄積されている「選択・分岐レベル閾値δdr(δB mm)」より大きいと否かを判断する。受信した選択・分岐レベルがδdrより小さい場合および警告を受信した場合は、再度ch1のスキヤンを行う(＄47)。そして、分岐側AOTF制御CPU123は、受信処理すべきchに対応するRF信号の周波数を演算して、その周波数のRF信号をAOTF112、113に印加して、所望のchを光受信機116に受信処理させる(＄48)。

[0167]なお、上述の説明では、ch1をスキヤンしてRF信号の周波数と選択波長との関係を演算したが、別のchをスキヤンしてこの関係を演算してもよ

い。この場合には、分岐側AOTF制御CPU123は、極大値の数を計数するとともに、ch1に対応する極大値を与えるRF信号の周波数ch2の極大値をスキヤンするための「スキヤン開始RF周波数addr(Hz)」として、＄32から＄43の制御を行う。そして、極大値の計数値に1を足して、ch2に対応する極大値を与えるRF信号の周波数ch3の極大値をスキヤンするための「スキヤン開始RF周波数addr(Hz)」として、＄32から＄43の制御を行う。以下、順次同様の制御を目標のchになるまで行い、このときRF信号の周波数chを用いてRF信号の周波数と選択波長との関係を演算すればよい。

[0168]また、EEPROM125の他に分岐側AOTF制御CPU123とデータとの送受信を行いデータを記憶するRAMをさらに設けて、32波すべてのchのスキヤンを行うようにしてもよい。このように、所望のchの光信号を光受信機116で受信処理を行う前に、そのchを選択して分岐するRF信号の周波数を探索して、周波数変化などによりRF信号の周波数シフトを補償することができ、したがって、正確に所望のchの光信号を受信処理することができ、

[0169]次に、挿入部分について説明する。  
(第1の実施形態における挿入部分の構成) この挿入部分は、請求項16～20に記載の発明を適用して構成された可変波長選択フィルタ・OADM装置の実施形態である。図17は、第1の実施形態におけるOADM装置に關し、この挿入部分の構成を示す図である。なお、AOTF部135、136とRF信号源139、142とPD140、143とA/D141、144と光カプラー134、138、146と光変調器133と光アンプ32と光SW131とからなる挿入すべき光信号を生成する部分は、本挿入部分16の構成であるため、図12および図17には、そのうちの1波を生成する部分のみを示し、これらの図に示していない。さらに、その説明も同一であるため、以下、1波を生成する部分について説明する。

[0170]図17において、32波のWDM光信号の各光信号の対応する波長を生成する32個のLDからなるLDバンク137は、波長の異なる32波のレーザ光を発生させ、光カプラー138に入射させる。入射した32波のレーザ光は、光カプラー138で合波された後に16に分配され分岐する。したがって、分配され分岐した1つのポートには、32波の波長の光が含まれている。

[0171]分配されて分岐したレーザ光は、AOTF部136に入射する。AOTF部136は、RF信号を発生するRF信号源139によって印加されたRF信号の周波数に対応して特定波長の光を入射した32波の光(WDM光)から選択して分岐し、選択された光

[0176]この光SW131は、入射した光信号を後段の16×1光カプラー130に入射させるか、または何も接続していない光導波路に入射させるかを切り換える。この切換えは、挿入側AOTF制御CPU145によって行われ、RF信号の周波数と選択波長との関係を求めるためにRF信号の周波数をスキヤンする場合は、何も接続していない光導波路に入射させるように切り換え、光信号を挿入すべく16×1光カプラー130に入射させる場合は、16×1光カプラー130に入射させるように切り換える。このように光SW131を設けることにより、RF信号の周波数と選択波長との関係を求めるためにRF信号の周波数をスキヤンする間に、選択されなかった光(非選択光)を16×1光カプラー130に入射させることがない。このため、選択されなかった光(非選択光)を光カプラー92と光アンプ93と光カプラー94とを介して光伝送路に送出することはないので、光伝送路を伝送するWDM光信号とクロストークすることはない。

[0177]光SW131から出力された光信号は、16×1光カプラー130に入射し、この16×1光カプラーによって他の挿入すべき光信号と合波されて、光カプラー92に入射する。光カプラー92に入射した合波された光信号は、前述したようにリジエクト部分によって選択されなかった光信号と合波されて、光アンプ93と光カプラー94とを介して、WDM光信号として光伝送路に送出され、次のノードへ送信される。

[0178](本発明と第1の実施形態における挿入部分との対応関係) 以下、本発明と第1の実施形態における挿入部分との対応関係について説明する。請求項16、17に記載の分岐・挿入装置と挿入部分との対応関係については、第3の可変波長選択フィルタはAOTF部135、136とPD140、143とA/D141、144と挿入側AOTF制御CPU145とEEPROM147とRF信号源139、140とに対応する。

[0179]請求項18、19に記載のスペクトルモニタと挿入部分との対応関係については、配接手段はRAM148に対応し、遮断手段は光SW131に対応する。請求項20に記載の配接の分岐・挿入装置と挿入部分との対応関係については、第3の可変波長選択フィルタはAOTF部135、136とPD140、143とA/D141、144と挿入側AOTF制御CPU145とEEPROM147とRF信号源139、140とに対応する。

[0180](第1の実施形態における挿入部分の作用効果) 次に、AOTF部135、136における挿入側AOTF制御CPU145の制御について説明する。挿入側AOTF制御CPU145は、OADM装置制御CPU100から挿入許可を受け、どのchの光信号を生

は、そのまま捨てられる。一方、AOTF部136で選択されて分岐した光は、2つに光を分岐する光カプラー146で分岐される。この光カプラー146で分岐した一方の光は、この光を受光して光強度を検出するPD140に入射する。

[0172]このPD140は、受光した光強度に従ってレベルの電気信号をA/D141に出力する。A/D141は、受信したアナログ信号をデジタル信号に変換して挿入側AOTF制御CPU145に送信する。挿入側AOTF制御CPU145は、スキヤン開始RF周波数、スキヤン終了RF周波数、スキヤンRFパワーおよび単位RF信号の周波数変化に対する選択波長変化の値などのデータを蓄積したEEPROM147とデータの送受信を行い、AOTF部135、136やRF信号源139、142などを後述するように制御する。さらに、挿入側AOTF制御CPU145は、印加しているRF信号の周波数とそのときのA/D141、144からの出力値を蓄積するRAM148とデータの送受信を行う。

[0173]また、RF信号源139は、この挿入側AOTF制御CPU145によって発生するRF信号の周波数とパワーとを制御される。一方、光カプラー146で分岐した地方の光信号は、RF信号を発生するRF信号源142によって印加されたRF信号の周波数に対応して特定の波長の光信号を入射した光信号から選択して分岐する。このようにAOTF部135に入射する。AOTF部135は、再度AOTF部136と同一chを選択して分岐する。このようにAOTFを2段階接続するのには、AOTFの波長選択特性の幅が広いことから2段階接続することによって、選択光の半値幅を狭くするたためである。このように半値幅を狭くすることによりこのレーザの波長のchに隣接するchへの影響を少なくすることができ、

[0174]AOTF部136によって選択されて分岐した光信号は、2つに光を分岐する光カプラー134に入射する。光カプラー134で分岐した一方の光信号は、その光信号を受光して光強度を検出するPD143に入射する。このPD143は、受光した光強度に従ったレベルの電気信号をA/D144に出力する。A/D144は、受信したアナログ信号をデジタル信号に変換して挿入側AOTF制御CPU145に送信する。

[0175]また、RF信号源142は、この挿入側AOTF制御CPU145によって発生するRF信号の周波数とパワーとを制御される。一方、光カプラー134で分岐した地方の光信号は、送出すべき情報に従って入力した光を変調する光変調器133に入射する。入射したLDは、この光変調器133によって変調され挿入すべき光信号となる。この光信号は、光強度を増幅する光アンプ132によって増幅され、光SW131に入射する。



成すべきき識別する（＃51）。

【0181】挿入側AOTF制御CPU145は、光SW131を何も接続していない光導波路に入射させるように切り換える（＃52）。この後のRFF信号の周波数と選択波長との関係を判断する制御は、前述の＃42から＃48と同様に考えることができるので、その説明を省略する。そして、挿入側AOTF制御CPU145は、挿入すべきchに対応するRFF信号の周波数を演算して、その周波数のRFF信号をAOTF135、136に印加し、所望のchの光を光変調器133に入射させる。この所望のchの光は、光変調器133で送出すべき情報に基づいて変調され、挿入すべき光信号が生成される（＃53）。

【0182】このように、所望のchの光信号を生成する前に、そのchを選択して分岐するRFF信号の周波数を演算し、温度変化などによるRFF信号の周波数シフトを補償することができる。したがって、正確に所望のchの光信号を挿入することができる。一方、スペクトルモニタとして動作するときは、挿入側AOTF制御CPU145は、前述の＃32と＃44までの制御の間に、例えば、スケヤン周波数を変えたとき、そのRFF信号の周波数と、その周波数に対するA/D141、144からの出力値の極大値をRAM145に記憶する制御を行うこと以外＃32から＃44と同様の制御を行うので、その説明を省略する。

【0183】そして、挿入側AOTF制御CPU145は、RFF信号の周波数と選択波長との関係に基づいてA/D141、144からの出力値とレーザの波長との対応付けを行う。このように制御することにより、レーザの波長とそのときの光強度とを抽出するスペクトルモニタとして使用することができる。

【0184】次に、この第1の実施形態におけるOADM装置において、光信号を分岐・挿入する場合の全体の制御について説明する。図12、13、16、17において、OADM装置制御CPU100は、どのchを遮断すべきかリジエクト側AOTF制御CPU87に送信する。この信号を受けたリジエクト側AOTF制御CPU87は、上述の＃1から＃19の制御を行い、所望のchを遮断したことをOADM装置制御CPU100に送信する。そして、リジエクト側AOTF制御CPU87は、上述のトラッキングを行い、最適な遮断状態を維持する。

【0185】信号を受けたOADM装置制御CPU100は、光カプラ91と光WS97とスペクトルモニタ99を介して所望のchを遮断したことを確認すると、どのchの光信号を受信処理するか分岐側AOTF制御CPU123に送信し、さらに、どのchに光信号を挿入すべきか挿入側AOTF制御CPU145に送信する。

【0186】信号を受けた分岐側AOTF制御CPU123は、上述の＃31から＃48の制御を行い、所望の

chの光信号を受信処理したことをOADM装置制御CPU100に送信する。また、信号を受けた挿入側AOTF制御CPU145は、上述の＃51から＃53の制御を行い、所望のchの光信号を生成したことをOADM装置制御CPU100に送信する。この信号を受けたOADM装置制御CPU100は、光カプラ94と光WS97とスペクトルモニタ99を介して所望のchの光信号が挿入されたことを確認する。

【0187】こうして、所望のchの光信号は、分岐・挿入される。次に、別の実施形態について説明する。（第2の実施形態の構成）第2の実施形態は、請求項6、7、13、16に記載の発明を適用して構成された可変波長選択フィルタ・OADM装置の実施形態である。

【0188】図18は、第2の実施形態におけるOADM装置の構成を示す図である。図18において、32波のWDM光信号は、光強度を増幅する光アンプ150によって増幅され、光カプラ151に入射する。WDM光信号には、この光アンプ150によってASEが重畳される。この光カプラ151は、入射したWDM光信号を2つに分岐する。分岐した一方のWDM光信号は、1枚のニオプシウム酸塩基板上にAOTF部1とAOTF部2とを形成したAOTFユニット153におけるAOTF部1の入力側に入射する。一方、分岐した他方のWDM光信号は、AOTF部2の入力側に入射する。

【0189】このAOTFユニット153は、不図示のペルチェ素子によって2つのAOTF部1およびAOTF部2を同一温度となるように後述するAOTF制御CPUによって制御される。AOTF部1は、16波の光信号を生成することができる光信号生成回路152から入射する光信号を印加されるRFF信号の周波数に応じてWDM光信号に挿入し、この挿入と同時にこのRFF信号の周波数に応じた波長の光信号をWDM光信号から選択して分岐する。この印加されるRFF信号は、RFF信号源161によって発生し、AOTF制御CPU158によって切換制御されるスイッチ162を介して印加される。また、RFF信号源161は、AOTF制御CPU158によって発生するRFF信号の周波数とパワーとを制御される。

【0190】また、分岐した光信号は、16波の光信号を受信処理することができる受信処理回路154に入射し、受信処理される。一方、AOTF部1を通過するWDM光信号は、光信号生成回路152からの光信号を挿入されて、光カプラ155に入射する。光カプラ155は、このWDM光信号を2つに分岐して、一方を光伝送路に送出し、衣袋のノードに送信する。また、分岐した他方を光WS156に入射する。

【0191】一方、光カプラ151で分岐した32波のWDM光信号は、AOTFユニット153におけるAOTF部2の入力側に入射する。このAOTF部2は、R

F信号の周波数と選択波長との関係を判断するために使用される。AOTF部2は、RFF信号源161によって印加されたRFF信号の周波数に対応して特定波長の光信号を入射したWDM光信号から選択して分岐する。選択されなかったWDM光信号と選択され分岐した光信号とともに、光SW156に入射する。

【0192】光SW156は、スペクトルモニタ157によって光SW156に入射する光信号をスペクトルモニタ157に入射させるか制御され、指示された光信号をスペクトルモニタ157に入射させる。スペクトルモニタ157は、検出した光の波長とその光強度とをAOTF制御CPU158に出力する。AOTF制御CPU158は、スペクトルモニタ157から受信した光の波長と光強度とをRAM159に記憶する。また、AOTF制御CPU158は、ASEリジエクト側RFF周波数、ASEリジエクト側RFFパワーおよび単位RFF信号の周波数変化に対する選択波長変化の値などのデータを蓄積したEEPROM160とデータの送受信を行い、AOTFユニット153、RFF信号源161およびスイッチ162を後述するように制御する。

【0193】（本発明と第2の実施形態との対応関係）以下、本発明と第2の実施形態との対応関係について説明する。請求項6に記載の可変波長選択フィルタとの対応関係については、光増幅器は光アンプ150に対応し、RFF信号発生手段はRFF信号源161に対応し、スペクトルモニタはスペクトルモニタ157に対応し、波長制御手段はAOTF制御CPU158とRAM159とEEPROM160に対応し、周波数制御手段はAOTF制御CPU158とEEPROM160に対応する。

【0194】請求項7に記載の可変波長選択フィルタとの対応関係については、RFF信号発生手段はRFF信号源161に対応し、スペクトルモニタはスペクトルモニタ157に対応し、周波数計算手段はAOTF制御CPU158とEEPROM160に対応する。請求項13に記載の可変波長選択フィルタは、AOTFユニット153に対応し、温度制御手段はペルチェ素子とAOTF制御CPU158に対応する。

【0195】請求項16に記載の分岐・挿入装置と挿入部部分との対応関係については、第1の可変波長選択フィルタはAOTFユニット153とRFF信号源161とスペクトルモニタ157とAOTF制御CPU158とEEPROM160とRAM159とスイッチ162とに対応する。

（第2の実施形態の作用効果）AOTF制御CPU158は、光信号をAOTF部1によって分岐・挿入する前に、AOTF部2を使用して、その温度におけるRFF信号の周波数と選択波長との関係をAOTF部2を使用し

て判断する。

【0196】AOTF部1とAOTF部2とは、同一基

板上に形成されていることから、その単位RFF信号の周波数変化に対する選択波長変化の値などの特性はほぼ同一である。また、ペルチェ素子によってAOTF部1とAOTF部2とは、同一の温度であるから、判断したAOTF部2におけるWDM光信号の周波数と選択波長との関係は、そのままAOTF部1に当てはまる。

【0197】このため、光伝送路を伝送するWDM光信号に影響を与えることなく、RFF信号の周波数と選択波長との関係を判断することができる。そして、判断した結果を用いるので、光伝送路を伝送するWDM光信号が、所望の光信号を正確に分岐・挿入することができる。次に、RFF信号の周波数と選択波長との関係を求める手順について説明する。

【0198】AOTF制御CPU158は、スイッチ162を切ってRFF信号源161からのRFF信号をAOTF部1に印加しないようにする（＃61）。そして、AOTF制御CPU158は、EEPROM160に蓄積してある「ASEリジエクト側RFF周波数」、「ASEリジエクト側RFFパワー」を読み込み、RFF信号源161へこれらのデータを送信する（＃62）。

【0199】そして、RFF信号源161は、受信した周波数およびパワーのRFF信号を発生し、AOTF部1に印加する（＃63）。そして、AOTF制御CPU158は、スペクトルモニタ157にAOTF部2において選択して分岐しない（AOTF部2を通過する）光信号をモニタするように制御し、スペクトルモニタ157は、光SW156に指示してAOTF部2において選択して分岐しない光信号をスペクトルモニタ157に入射させるように制御する（＃64）。

【0200】そして、スペクトルモニタ157は、WDM光信号の波長帯域にわたって光の波長とその波長における光強度とをモニタして、その結果をAOTF制御CPU158に送信する（＃65）。

そして、AOTF制御CPU158は、これらの受信データを一旦RAM159に記憶する（＃66）。

【0201】そして、AOTF制御CPU158は、蓄積したデータを解析してASEの値を検索する（＃67）。この検索は、一定の閾値を設定し、その閾値以下の光強度の範囲において、光強度の極小値を判断することによって行うが、この手法は、第1の実施形態で説明した極大値を求める手法と同様の考えによって行うことができる。

【0202】そして、AOTF制御CPU158は、この極大値を与える波長、ASEリジエクト側RFF周波数、単位RFF信号の周波数変化に対する選択波長変化の値および各ch間隔から各chを選択して分岐するためのRFF信号の周波数を算出する（＃68）。

【0203】そして、AOTF158は、所望のchに対応するRFF信号の周波数を選択するようにRFF信号源161を制御する。さらに、スペクトルモニタ157に



範囲内においてスキヤンして、第1の実施形態において説明した#4から#11と同様の考え方によって、TEモードに対する最大値を判別する(#84)。

[0225] もちろん、#83においてRF信号源171を固定して、TEモードに対する最大値を判別し、次に、#84においてRF信号源180を固定して、TMモードに対する最大値を判別してもよい。

[0226] そして、AOTF制御CPU191は、TMモードの最大値を与えるRF信号の周波数、ch1の波長、単位RF信号の周波数変化に対する選択波長変化の値および各ch間隔から各chを選択して分岐するためのTMモードにおけるRF信号の周波数と選択波長との関係を算出する(#85)。そして、AOTF制御CPU191は、TEモードの最大値を与えるRF信号の周波数、ch1の波長、単位RF信号の周波数変化に対する選択波長変化の値および各ch間隔から各chを選択して分岐するためのTEモードにおけるRF信号の周波数と選択波長との関係を算出する(#86)。

[0227] このように、所望のchのRF信号を分岐・挿入する前に、そのchを分岐・挿入するRF信号の周波数を探るので、温度変化などによるRF信号の周波数シフトを補償することができる。さらに、TEモードをTMモードに入れ替える最適なRF信号の周波数とTMモードをTEモードに入れ替える最適なRF信号の周波数とは、互いに異なるが、このような構成とすることにより、各モードに対し異なる周波数のRF信号を印加し、細かい調整をすることができる。第3の実施形態におけるOADM装置は、正確に特定波長のRF信号を分岐・挿入することができる。

[0228] ここで、光伝送路において偏光がゆっくり回転している場合、AOTF制御CPU191がRF信号源171、180に周波数のデータを送信してその周波数に対するA/D190の出力値を得る時、同よりも偏光がゆっくり回転している場合には、A/D190の出力値ではなく、A/D187、188の出力値を使用することにより、より正確にTMモードにおけるRF信号の周波数と選択波長との関係およびTEモードにおけるRF信号の周波数と選択波長との関係を得ることができる。

[0229] この場合には、#80から#82において、A/D190の出力値の代わりにA/D187の出力値とA/D188の出力値との平均値を用いる。そして、#83において、TMモードに対する最大値を判別する場合には、A/D190の出力値の代わりにTEモードのA/D188の出力値を用い、#84において、TEモードに対する最大値を判別する場合には、A/D190の出力値の代わりにTMモードのA/D187の出力値を用いる。このようにしてAOTF制御CPU191は、#80から#86までの制御をすることにより、TMモードにおけるRF信号の周波数と選択波長と

[図3] 請求項4、5に記載の可変波長選択フィルタの原理構成を示す図である。

[図4] 基調信号とWDM光信号との関係を示す図である。

[図5] 請求項6に記載の可変波長選択フィルタの原理構成を示す図である。

[図6] ASEの増みとWDM光信号との関係を示す図である。

[図7] 請求項7に記載の可変波長選択フィルタの原理構成を示す図である。

[図8] 請求項11、12に記載の可変波長選択フィルタの原理構成を示す図である。

[図9] 請求項14に記載の可変波長選択フィルタの原理構成を示す図である。

[図10] RF信号の入力強度とリジエクシヨレベルとの関係を示す図である。

[図11] 請求項18、19に記載のスペクトルモニタの原理構成を示す図である。

[図12] 第1の実施形態におけるOADM装置の構成を示す図である。

[図13] 第1の実施形態におけるOADM装置に関し、リジエクト部分の構成を示す図である。

[図14] 基調信号をスキヤンする方法を説明するための図である。

[図15] トラッキング用の変調信号と出力光との関係を示す図である。

[図16] 第1の実施形態におけるOADM装置に関し、受信処理部分の構成を示す図である。

[図17] 第1の実施形態におけるOADM装置に関し、挿入部分の構成を示す図である。

[図18] 第2の実施形態におけるOADM装置の構成を示す図である。

[図19] 第3の実施形態におけるOADM装置の構成を示す図である。

[図20] 従来のAOTFの構成を示す図である。

[図21] AOTFを用いたOADM装置の第1の基本構成を示す図である。

[図22] AOTFを用いたOADM装置の第2の基本構成を示す図である。

[符号の説明]

10 AOTF  
11、51、61 光強度検出手段  
12 最大値判別手段  
13 周波数制御手段

14、24、34、44、54 RF信号発生手段

18 第3の偏光手段

20 基調信号挿入手段

21 基調信号検出手段

23、33、43、63 周波数演算手段

30 光増幅器

31、41 スペクトルモニタ

32 波長判別手段

50 重畳手段

10 52 トラッキング手段

62 強度最大値判別手段

70 記憶手段

71 遮断手段

80 光アンプ

82 基準信号源

83、89 光カプラ

84、90、112、113、135、136 AOTF部

85、95、117、120、140、143、18

20 5、186、189 PD

87 リジエクト側AOTF制御CPU

88、98、119、120、139、142、10

1、171、180 RF信号源

99、157 スペクトルモニタ

100 OADM装置制御CPU

101、125、147、160、192 EEPROM

123 分岐側AOTF制御CPU

131 光SW

145 挿入側AOTF制御CPU

148、159 RAM

151 光カプラ

152、181 光信号生成回路

153 AOTFユニット

154、182 受信処理回路

158、191 AOTF制御CPU

162 スイッチ

172 第1の光増波路

173 第2の光増波路

174、179 IDT

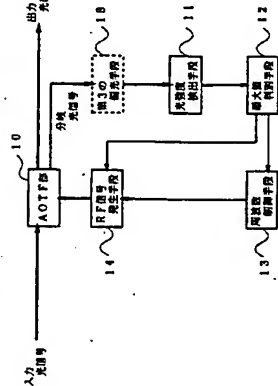
175 第1のSAWガイド

176、177、184 PBS

178 第2のSAWガイド

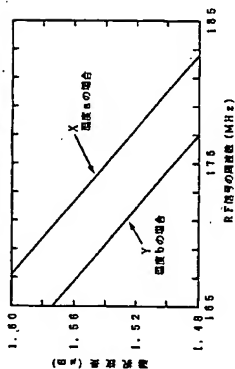
【図1】

図1は、1、2、3、9、10に記述の発明の原理構成



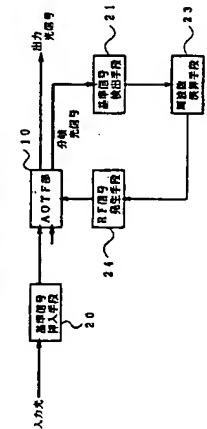
【図2】

図2は、1、2、3、9、10に記述の発明の原理構成との関係



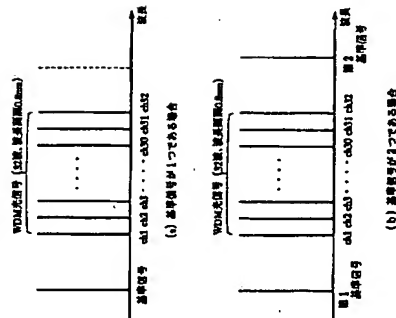
【図3】

図3は、4、5に記述の発明の原理構成



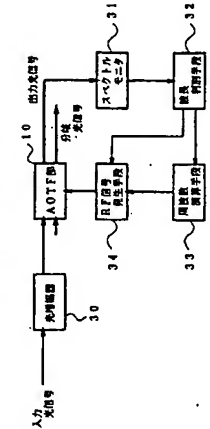
【図4】

図4は、4、5に記述の発明の原理構成との関係



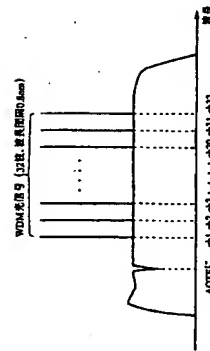
【図5】

図5は、6に記述の発明の原理構成



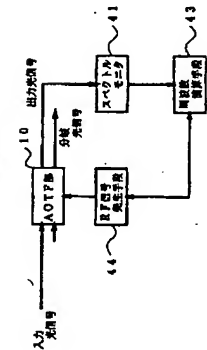
【図6】

図6は、6に記述の発明の原理構成との関係



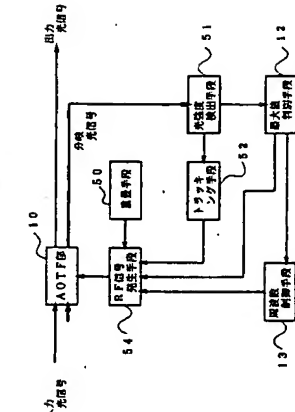
【図7】

図7は、7に記述の発明の原理構成



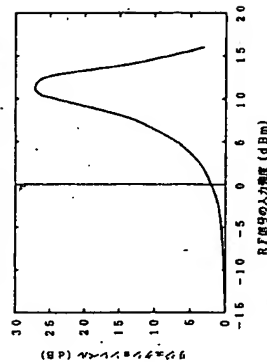
【図8】

図8は、11、12に記述の発明の原理構成



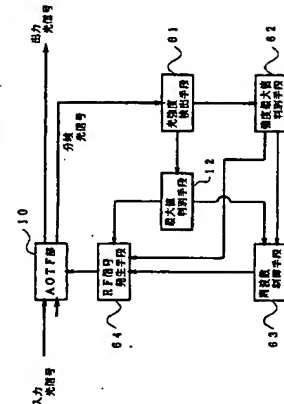
【図10】

図10は、11、12に記述の発明の原理構成との関係



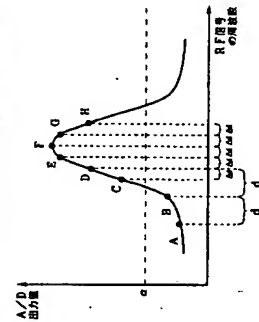
【図9】

図9は、14に記述の発明の原理構成



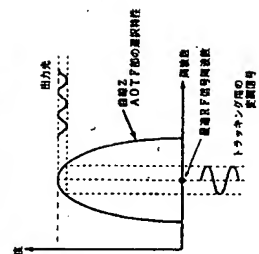
【図14】

図14は、14に記述の発明の原理構成との関係



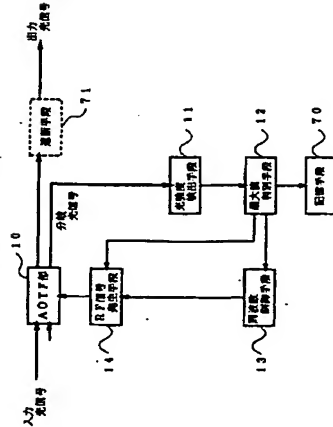
【図15】

図15は、14に記述の発明の原理構成との関係



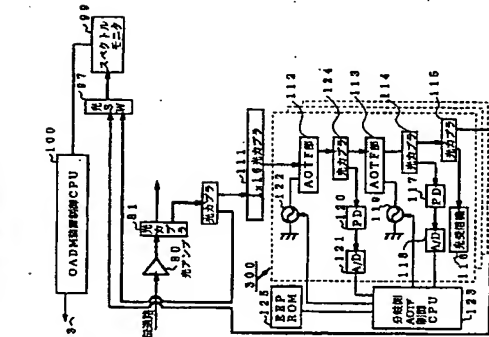
【図11】

図10のAOTF部118に接続される構成



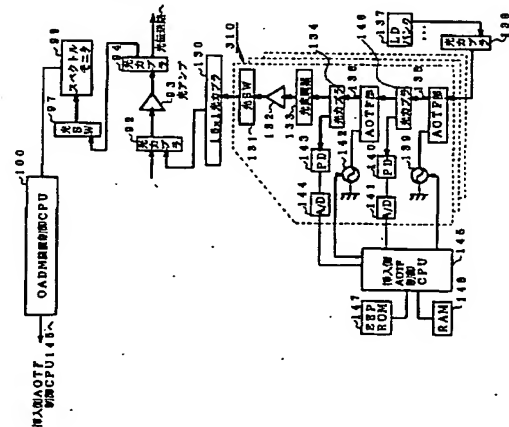
【図16】

図10のAOTF部118に接続される構成



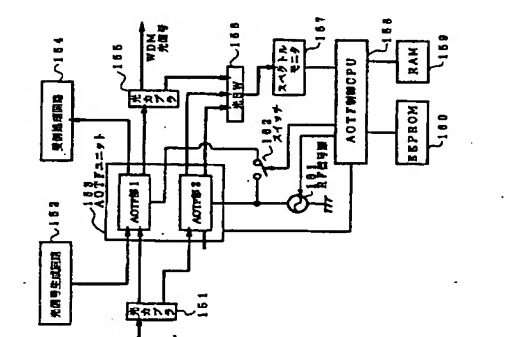
【図17】

図10のAOTF部118に接続される構成



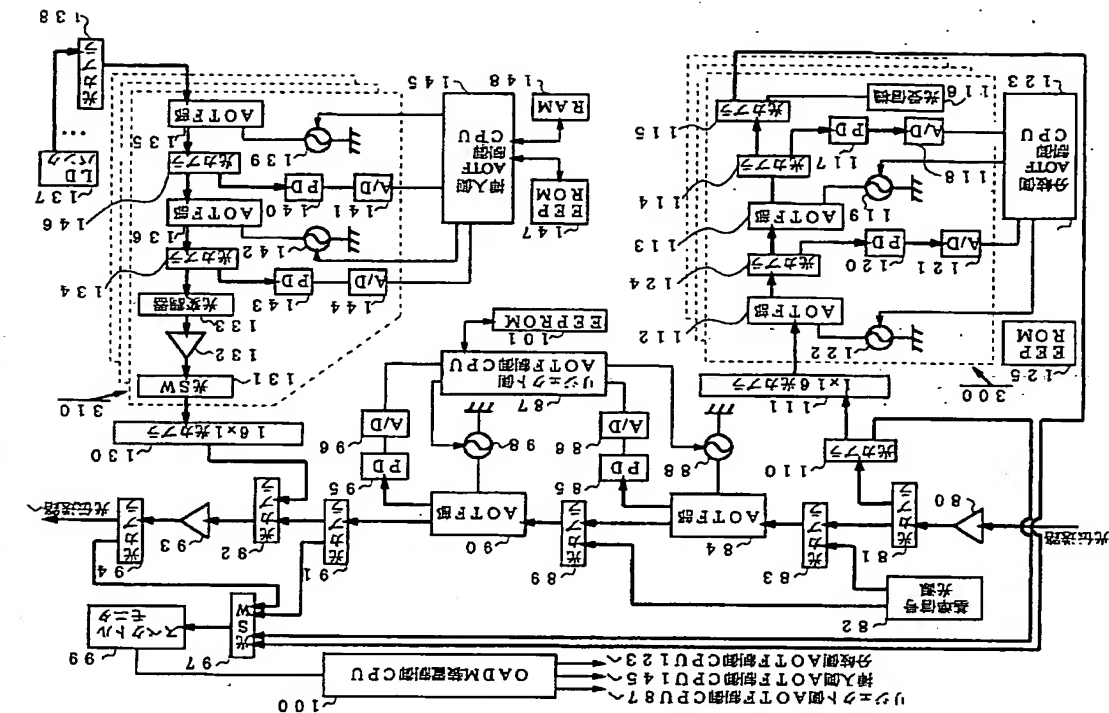
【図18】

図10のAOTF部118に接続される構成



【図12】

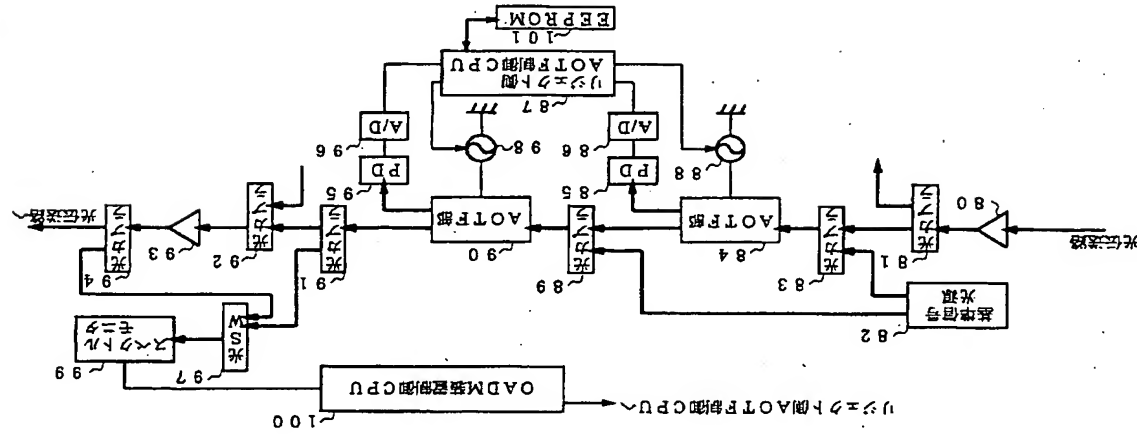
図10のAOTF部118に接続される構成





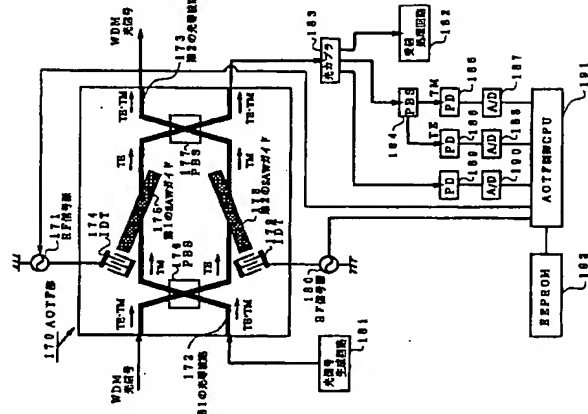
【図13】

第1の実施形態におけるOADM装置に関し  
リジェクト部分の構成



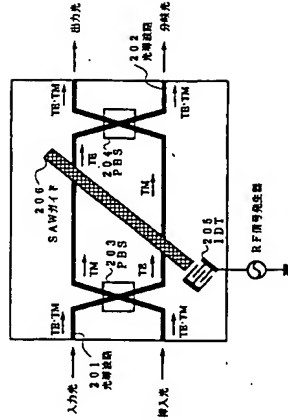
【図19】

第3の実施形態におけるOADM装置の構成



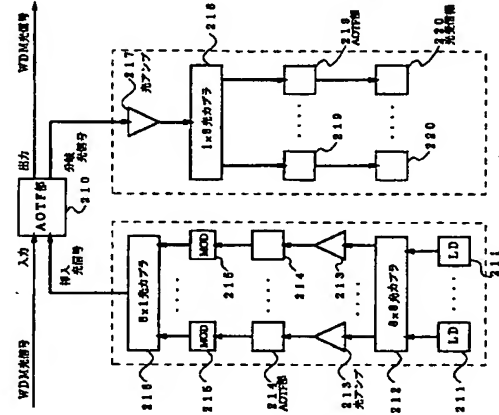
【図20】

従来のAOTFの構成



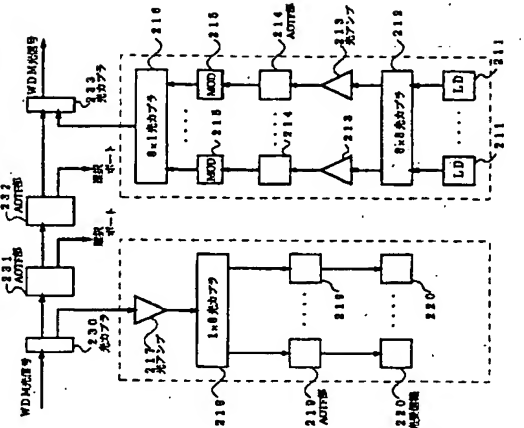
【図21】

AOTFを用いたOADM装置の第1の実施形態



【図22】

AOTFを用いたOADM装置の第2の実施形態



フロントページの続き

(72)発明者 齋藤 芳広  
神奈川県横浜市港北区新横浜2丁目3番9  
号 富士通ディジタル・テクノロジー株式会  
社内

(72)発明者 久保寺 和昌  
神奈川県横浜市港北区新横浜2丁目3番9  
号 富士通ディジタル・テクノロジー株式会  
社内

Fターム(参考) 2H079 A04 A12 BA02 CA07 EA05  
EB23 FA03 FA04 HA07 KA06  
5K002 BA02 BA04 BA05 CA05 CA13  
DA02 EA05 FA01